



УДК 621.313.17:621.928

ПРИМЕНЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ ИНДУКЦИОННЫХ МАШИН СО ВСТРЕЧНО БЕГУЩИМИ МАГНИТНЫМИ ПОЛЯМИ В ТЕХНОЛОГИЯХ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЙ СЕПАРАЦИИ**APPLICATION OF LINEAR INDUCTION MACHINES WITH OPPOSITE DIRECTION TRAVELLING MAGNETIC FIELDS IN TECHNOLOGIES OF ELECTRODYNAMIC SEPARATION**

Абдуллаев Жахонгир Одашжонович, аспирант каф. «Электротехника и электротехнологические системы», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: zhahongirl@mail.ru.

Гапоненко Екатерина Владиславовна, магистрант каф. «Электротехника и электротехнологические системы», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: gaponenko.katyusha@mail.ru

Зязев Михаил Евгеньевич, студент каф. «Электротехника и электротехнологические системы», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: zyacho72@gmail.com

Коняев Андрей Юрьевич, д-р. техн. наук, профессор каф. «Электротехника и электротехнологические системы», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: a.u.konyaev@urfu.ru.

Zhakhongir O. Abdullaev, postgraduate student, Department of «Electrical engineering and electrotechnological systems», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira street, 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: zhahongirl@mail.ru.

Ekaterina V. Gaponenko, master student, Department of «Electrical engineering and electrotechnological systems», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira street, 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: gaponenko.katyusha@mail.ru

Mikhail E. Zyazev, student, Department of «Electrical engineering and electrotechnological systems», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira street, 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: zyacho72@gmail.com

Andrey Yu. Konyaev, Doctor Sc., Prof., Department of «Electrical engineering and electrotechnological systems», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira str., 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: a.u.konyaev@urfu.ru.

Аннотация: В статье рассмотрены проблемы и перспективы применения линейных индукционных машин с индуктором, создающим встречно бегущие магнитные поля.

Abstract: The article deals with problems and prospects of linear induction machines with the primary, establishing the opposite direction travelling magnetic field.

Ключевые слова: линейные индукционные машины; электродинамические сепараторы; встречно бегущие магнитные поля; результаты исследований.

Key words: linear induction machines; electrodynamic separators; opposite direction travelling magnetic fields; research results.

ВВЕДЕНИЕ

На предприятиях по переработке твердых отходов и предприятиях вторичной цветной металлургии широкое применение могут находить технологии электродинамической сепарации в бегущем магнитном поле. В частности, с помощью электродинамических сепараторов могут решаться следующие задачи [1]:

- извлечение лома цветных металлов из потоков твердых промышленных или коммунальных отходов;
- отделение металлических фракций от неметаллических в сложных отходах и ломе электротехнических и электронных изделий;
- индукционная сортировка лома цветных металлов по видам и маркам сплавов.

Расширение сфер применения электродинамических сепараторов требует поиска новых эффективных технических решений, обеспечивающих улучшение как технологических, так и энергетических показателей установок. Одним из таких решений может стать применение линейных индукторов со встречно бегущими магнитными полями [1]. Особенности таких линейных индукторов и рассматриваются в настоящей работе.

РЕШАЕМЫЕ ЗАДАЧИ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Одно из первых промышленных применений рассматриваемых линейных индукторов связано с созданием электродинамических сепараторов для извлечения цветных металлов из твердых коммунальных отходов [2]. Сепараторы встраивались в готовую технологическую линию высокой производительности (ширина ленты конвейера – 1200 мм, скорость подачи отходов (скорость конвейера) – 1,2 м/с). Поэтому составляющие основу сепаратора линейные индукторы устанавливались под лентой конвейера и имели длину 1400 мм. При одностороннем выходе металла (в направлении, поперечном движению конвейера) в худшем случае извлекаемые частицы цветных металлов должны преодолевать расстояние 1200 мм за время, ограниченное переносом этих частиц через активную зону индуктора по ленте конвейера. Для извлечения частиц необходимо с помощью электромагнитной силы не только преодолеть силы статического сопротивления движению, но и придать частице металла ускорение, достаточное для преодоления указанного расстояния. Очевидно, что суммарное требуемое усилие извлечения будет возрастать с ростом ширины ленты L_k и скорости конвейера V_k . Применение индукторов с разбегающимися магнитными полями позволяет создать сепараторы с двухсторонним выходом металла. При этом

сокращается расстояние, проходимое извлекаемыми частицами, и соответственно уменьшаются требуемые для сепарации усилия. Результаты расчетов требуемых удельных усилий для разных L_k и V_k показаны на рис. 1. Сплошными линиями показаны кривые соответствующие одностороннему выходу металлов, пунктиром – двухстороннему. Результаты приведены для коэффициента сопротивления движению $k = 0,4$.

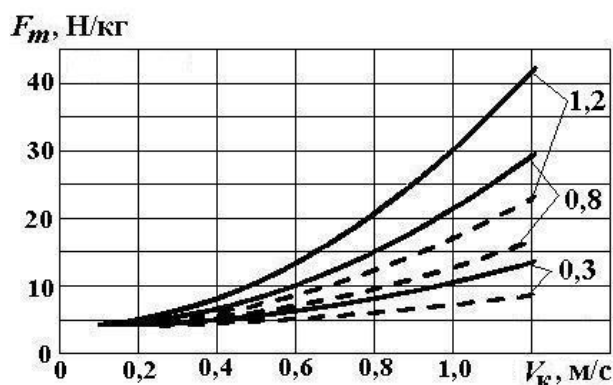


Рис. 1. Зависимости требуемых удельных усилий извлечения от скорости конвейера для разной ширины конвейера (0,3; 0,8 и 1,2 м)

Из рис. 1 можно видеть, что применение индукторов с разбегающимися магнитными полями позволяет существенно снизить требуемые для сепарации усилия. Это может соответствовать уменьшению мощности, потребляемой сепаратором из сети.

Другим примером эффективного применения индукторов со встречно бегущими магнитными полями являются установки для сепарации измельченного электронного или кабельного лома. По разработкам и при участии УрФУ был создан электродинамический сепаратор для обработки дробленого электронного лома, основным назначением которого являлось разделение потоков частиц из алюминиевых и медных сплавов [3]. В основе сепаратора использован двухсторонний линейный индуктор. Подача материала в активную зону осуществлялась по наклонной плоскости. Промышленные испытания сепаратора показали хорошую работоспособность установки при обработке крупных фракций электронного лома с размерами частиц от 8 до 20 мм. Извлечение алюминиевых частиц в концентрат и их содержание в концентрате получены на уровне 90-95%. Одним из желаний, высказанных по итогам испытаний, явилось предложение увеличить производительность установки. Поэтому в УрФУ были выполнены исследования, направленные на поиск путей повышения производительности сепараторов.

Самый простой способ повышения производительности — это увеличение ширины потока отходов. На лабораторной установке, являющейся аналогом сепаратора для обработки электронного лома, отправленного заказчику, были выполнены эксперименты по сепарации электронного лома при различной ширине желоба, подающего отходы $b_{ж}$. В качестве обрабатываемых отходов использовался дробленый электронный лом с размерами части от 4 до 10 мм, предоставленный предприятием – заказчиком. В ходе экспериментов оценивались технологические показатели сепарации: извлечение алюминия в концентрат ε и содержание его в концентрате β при разных положениях разделителя потока (R – расстояние от линии подачи до разделителя. При этом значения β изменялись при испытаниях незначительно (от 90 до 94%), в то время как уровень извлечения алюминия в концентрат изменялся в широких пределах. Полученные при испытаниях результаты представлены на рис. 2.

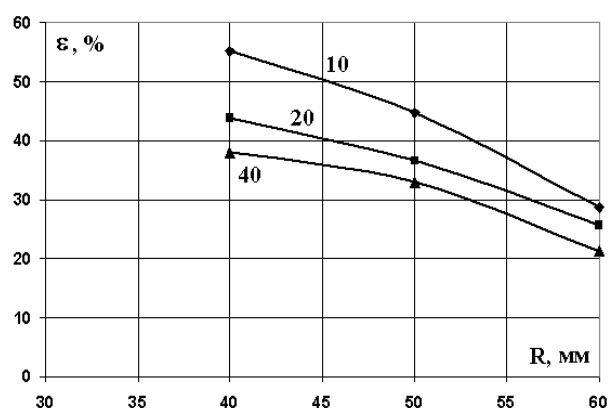


Рис. 2. Зависимости уровня извлечения алюминия в концентрат от положения разделителя потока для разной ширины желоба $b_{ж}$, мм (цифры на графиках)

Из рис. 2 видно, что увеличение ширины потока отходов на входе в сепаратор приводит к существенному ухудшению качества сепарации электронного лома. Это объясняется тем, что при большой ширине потока растет количество соударений частиц, что препятствует поперечному перемещению извлекаемых из смеси материалов алюминиевых частиц.

Повышение производительности может достигаться также при организации подачи материалов в несколько параллельных потоков малой ширины. Однако в этом случае необходимо отодвигать линии подачи каждого следующего потока на значительные расстояния во избежание смешения выделяемых фракций, что приводит к существенному увеличению габаритов установки.

Увеличения производительности сепаратора в два раза без потери качества сепарации можно достичь при использовании линейных индукторов с разбегающимися магнитными полями. При этом подача исходных материалов должна осуществляться по желобу шириной $b_{ж} = 20$ мм вдоль поперечной оси индуктора. На входе в индуктор поток разделяется на два ручья при ширине каждого 10 мм. Разбегающиеся магнитные поля будут перемещать разделяемые материалы к краям индуктора так, что извлекаемые частицы не будут испытывать соударений с другими частицами.

ВЫВОДЫ

Выполненные исследования показали, что линейные индукторы со встречно бегущими (разбегающимися) магнитными полями позволяют улучшать технологические и энергетические показатели электродинамических сепараторов при решении ряда технологических задач. Поэтому изучение особенностей работы указанных линейных индукторов вызывает несомненный интерес.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Линейные индукционные машины со встречно бегущими магнитными полями для энергоэффективных технологий / А.Ю. Коняев, Б.А. Сокунов, Ж.О. Абдуллаев, Е.Л. Швыдкий // Промышленная энергетика, 2017, № 4, с. 2-7.
2. Устройства для электродинамической сепарации лома и отходов цветных металлов / А.А. Патрик, Н.Н. Мурахин, А.Ю.Коняев, Т.Н. Дерендяева, С.Л. Назаров // Промышленная энергетика, 2001, № 6, с. 16-19.
3. Переработка электронного лома: применение электродинамических сепараторов / А.Ю. Коняев, С.Л. Назаров, Р.О. Казанцев, В.В. Воскобойников, А.А. Дистанов // Твердые бытовые отходы, 2014, № 2, с. 26-30.